

1995年秋のチュクチ海の海洋構造

柏野 祐二^{*1} Thomas WEINGARTNER^{*2}

佐々木保徳^{*3} 畠山 清^{*1} 三寺 史夫^{*1}

Vladimir PAVLOV^{*4} 小山 登^{*5} 澤戸 周作^{*5}

1995年秋に行ったチュクチ海における海洋観測から得たデータを解析して、チュクチ海における海洋構造を調べた。それによると、ベーリング海からベーリング海峡を通過してベーリング陸棚水 (Bering Shelf Water) とアラスカ沿岸水 (Alaska Coastal Water) がチュクチ海に流れ込んでいる。これらの海水は、一部は北西方向に流れるが、残りはアラスカ沿岸流として北上し、ホープ岬沖で離岸して北及び北西方向に向きを変えている。この離岸した流れはヘラルドバレーにまで達している。

シベリア沿岸には南東流のシベリア沿岸流が観測された。この流れは1993年に観測した時と異なり、ベーリング海峡に達するはるか手前で消滅し、また運んでいる海水もシベリアの河川を起源とする河川水ではなく、東シベリア海以西を起源とすると思われる低温・高塩分水であった。

キーワード: 北極海, チュクチ海, シベリア沿岸流

Ocean structure in the Chukchi Sea in autumn, 1995

Yuji KASHINO^{*6} Thomas WEINGARTNER^{*7}

Yasunori SASAKI^{*8} Kiyoshi HATAKEYAMA^{*6}

Humio MITSUDERA^{*6} Vladimir PAVLOV^{*9}

Noboru KOYAMA^{*10} Shusaku SAWATO^{*10}

Ocean structure in the Chukchi Sea was examined based on hydrographic data obtained from the cruise conducted in autumn, 1995. Bering Shelf Water and Alaska Coastal Water were found to enter the Chukchi Sea from the Bering Sea. Some of these water flowed

* 1 海洋観測研究部

* 2 アラスカ大学

* 3 地球科学技術推進機構

* 4 ロシア北極南極研究所

* 5 国際気象海洋株式会社

* 6 Ocean Research Department

* 7 University of Alaska

* 8 Earth Science and Technology Organization

* 9 Arctic and Antarctic Research Institute

* 10 International Meteorological & Oceanographic Consultants Co. Ltd.

northwestward, and the rest flowed northward as the Alaska Coastal Current, to separate from the Alaskan coast off the Point Hope, proceed north/northwestward and then reach Herald Valley.

The southward flow (Siberian Coastal Current) was observed along the Siberian Coast. The differences with that in 1993 were as follows: ¹⁾ it terminated far from the Bering Strait, ²⁾ it advected low-temperature, high-salinity water apparently originated west of the Eastern Siberian Sea, not from Siberia.

Key words : Arctic Ocean, Chukchi Sea, Siberian Coastal Current

1 はじめに

北極海は年間を通して海水が存在するが、気候変動に対してこの海水の分布が大きな因子となっている。これは、海水の面積が増えると大気が冷えそれによりさらに海水の面積が増えるという、大気と海水面積の間の正のフィードバック効果のためである。この効果は海水の増減がそれに覆われる部分のアルベドを変えること、及び海水が海から大気への熱の放出を押さえるという蓋の役割を持つために生じる(滝沢, (1993)¹⁾)。この海水の分布や厚さは気温だけでなく、風、海水温、海面付近の流れなどの影響を受けるため、海水変動を理解するためには単に海水だけを調べれば良いというものではなく、大気及び海洋と結合したシステムのなかで理解する必要がある。

一方、北極海からの塩分の低い海水の流出が、地球規模の海洋大循環(コンベアベルト, Broecker, (1991)²⁾)に対して、その出発点になっているグリーンランド沖周辺において影響を与えていると考えられている(Aagaard and Carmack (1989)³⁾)。すなわち北極海における流れの変動が、地球全体の海洋循環の変動にも寄与している可能性がある。

上記のような理由から、北極海において海洋観測を行うことは極域海洋学に対して貢献するだけでなく、地球規模の気候変動の理解にも役に立つ。

ところで北極海の中でもチュクチ海は、次の点で興味深い海域である。

- ① 南端に太平洋との入り口であるベーリング海峡が存在している。

すなわち太平洋との海水の交換が可能で、平均すると太平洋から 0.83 Sv ($1\text{ Sv}=10^6\text{ m}^3/\text{s}$)の海水がチュクチ海に入っている(Roach et al. (1995)⁴⁾)。Weingartner (1992)⁵⁾によれば、このベーリング海峡を通過して流入するベーリング海からの暖水が氷縁域の前進・後退に影響を与える。

- ② 海水の生成・融解域である。

氷域と海水が存在しない領域の境目である氷縁域が、氷に完全に閉ざされる冬を除いて存在している。

- ③ 北極海盆との水路の役割を持ついくつかの谷を除けばほとんど平らで浅い陸棚域である(図1)。

チュクチ海の北にはヘラルドバレーが、北西にはバローキャニオンがあり、これらの谷が水路となって海盆域との海水交換が行われているものと考えられている。例えば海水生成に伴いできる高塩分水が、これらの谷を通して北極海盆へ供給され、「冷たい塩分躍層(Cold Halocline)」の生成に寄与しているものと考えられている(三寺ほか(1996)⁶⁾)。またそれとは逆に、Aagaard and Roach (1990)⁷⁾は、冬の間大西洋水がバローキャニオンをさかのぼってチュクチ海に進入してくる現象を観測している。

- ④ シベリアやアラスカからの河川水が流れ込んでいる。

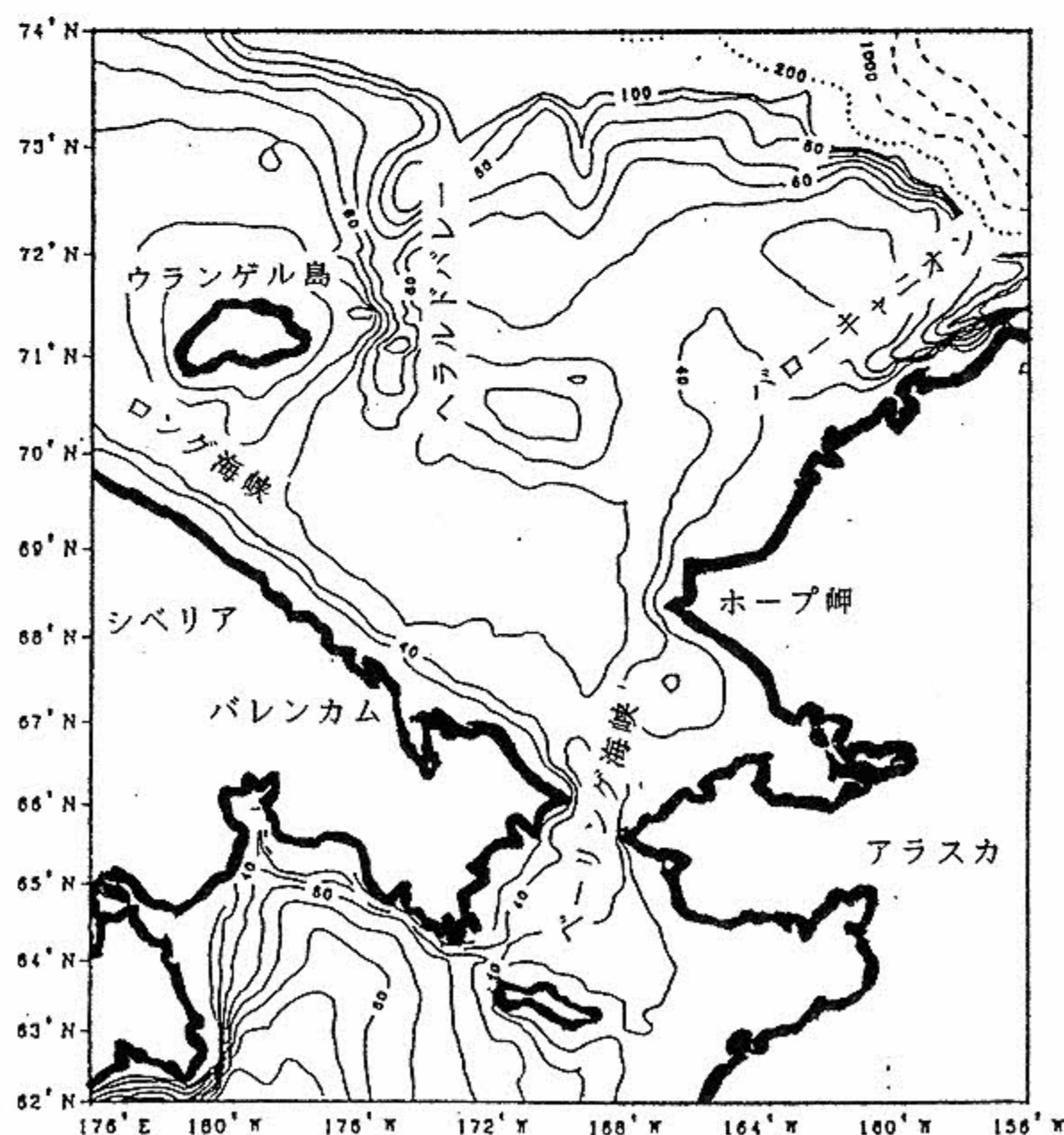


図1 チュクチ海の海岸・海底地形

Fig.1 Geometry and topography of the Chukchi Sea.

シベリアやアラスカからの河川水は、いわゆる fresh water fluxとして北極海に供給され、それが北極海の海洋循環に寄与している。

すなわちチュクチ海は、太平洋、大西洋、シベリア及びアラスカからの河川を起源とする水と、その場における海水の生成・融解に伴ってできる水が入り乱れて存在しているところである。また氷縁域であるため海洋、大気、海水を同時に観測でき、その結合システムを観測するために都合がよいところでもある。

Weingartner (1992)⁹⁾はそのチュクチ海北東部におけるいくつかの観測結果をまとめレビューしている。例えば、

- (1) チュクチ海における水系はつぎのように分類される。

- ① アラスカ沿岸水 (Alaska Coastal Water, 以降ACWと略す)

アラスカ沿岸に沿って存在する高温 (3℃以上) 低塩 (32.2PSU以下) 水で河川、特にユーコン川を起源としている。

- ② ベーリング陸棚水 (Bering Shelf Water, 以降BSWと略す)

ベーリング海峡を通過してチュクチ海に入ってくる高塩分水 (32.2PSU以上)。

- ③ チュクチ海固有水 (Resident Chukchi Water, 以降RCWと略す)

結氷する際に排出されるブラインが起源の海水で、特にチュクチ海で生成されたものをいう。低温高塩分が特徴である。なお本報では、チュクチ海以外で同じようなメカニズムで生成されたと思われる低温高塩分水については、RCWと呼ばずに単に低温高塩分水としている。

- ④ 融氷水 (Ice Melt Water, 以降IMWと略す)

氷が解けてできる低温低塩水。

- (2) ベーリング海峡からチュクチ海に入ったACWがアラスカ沿岸流として北上している。

- (3) アラスカ沿岸においてACWとRCWが温度・塩分フロントを形成している。このフロントは、海面付近と海底付近で位置が異なることがあり、海面近くのフロントは時間変動が大きい、海底近くのものは変動は小さい。

一方シベリア沿岸には、シベリア沿岸流と呼ばれる南東流が存在することが知られている (Weingartner et al. (1996)⁹⁾)。Weingartner et al. (1996)⁹⁾によるとこ

の流れは、東シベリア海・ラプテフ海に注いでいるレナ川などの河川水を起源としたもので、風やベーリング海とチュクチ海の水位差がこの流れの強さを左右している。

以上のようにアラスカ沿岸やベーリング海峡においてだけでなく、シベリア沿岸においても観測データが集まり始めている。しかしながら、得られるデータは基本的に海水に閉ざされない夏に限られている。北極海における海水の分布に大きな影響を与えていると考えられている冷たい塩分躍層のメカニズムを理解するためにもより多くのデータを集める必要がある。

海洋科学技術センターでは、プロジェクト研究「北極海域総合観測研究」の一環としてアラスカ大学とロシア北極南極研究所と共同で、チュクチ海における観測を平成4年度から毎年夏から秋にかけて実施してきた。観測は海洋観測だけでなく、気象観測や海水のサンプリングなどを行っているが、本報では1995年9月の観測において得た海洋観測データからそのときのチュクチ海の海洋構造について報告する。本報の構成は次のとおりである。まず第2章に観測の概要を示す。次に第3章に1995年9月におけるチュクチ海の水系分布・流速場について記す。第4章では、1994年以前、特に1993年の観測の結果と比較し考察する。最後に第5章でまとめる。

2. 観測

本報のデータは1995年9月2日～10月9日の間の38日間、アラスカ大学のアルファヘリックス号によるクルーズ (測点図を図2に示す) にて行った海洋観測から得た。そのうちチュクチ海 (ベーリング海峡以北) には9月8日～10月3日の26日間滞在し観測を行った。

観測項目は、CTDによる水温・塩分・溶存酸素プロフィール観測 (208点)、採水した海水の溶存酸素分析、船舶搭載型ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler, 音響式流向流速計) による流向流速観測、放射温度計による海面水温観測のほか、海上気象観測や海水に上陸しての海水及びその上の積雪のサンプルの採取を行っている。またバローキャニオンにて昨年設置した係留系を回収するとともに、新たにADCP, CTD, 電磁流向流速計からなる係留系を設置した。その中で本報で用いたデータは、CTDと船舶搭載型ADCPによるものである。対象海域であるチュクチ海の水深は最も深いところで120m (バローキャニオン) と大変浅く、またかなりの荒天時においても観測していることから、精度は海洋科学技術センターで行っている他のクルーズのそれに比べて良くないと思われる (CTDが船の動揺により海中で上下し

た場合、各物理量の鉛直勾配の大きい浅いところほどその影響を受けて精度が落ちる)。しかしながら本報における記述は、例えば塩分にして0.1PSU以上といった大きな海洋構造を議論しているので、本観測の精度で特に問題無いと思われる。

観測に用いたCTDはSBE911plusで、取得したデータはSea Bird社で開発したSea Softではなく、アラスカ大学で独自に開発したソフトウェアで処理した。ADCPはRDI社のナローバンド150kHzのものをを用いた。

CTDデータは海面から海底直上1~2mまで1mおきに平均化されたものをを用いている。ADCPデータについては、生データは水深10mから4mごと海底まで、約2分おきに得られている。本報で用いたものは、その生データに対してCTD観測や係留作業の前後の船速が7ノット以下になっている時のものなどのノイズを取り除いた後、10kmおきに単純平均化したものである。ただし潮流成分についてはウランゲル島周辺を除いて小さいと思われるため(Pavlov, 私信)取り除いていない。

なお、観測期間中は一時期を除いて、北風あるいは北西風が卓越していた。また、氷縁域についてはチュクチ海東部ではバローキャニオン付近、西部ではウランゲル島付近、中央部では北緯73度に見られた。

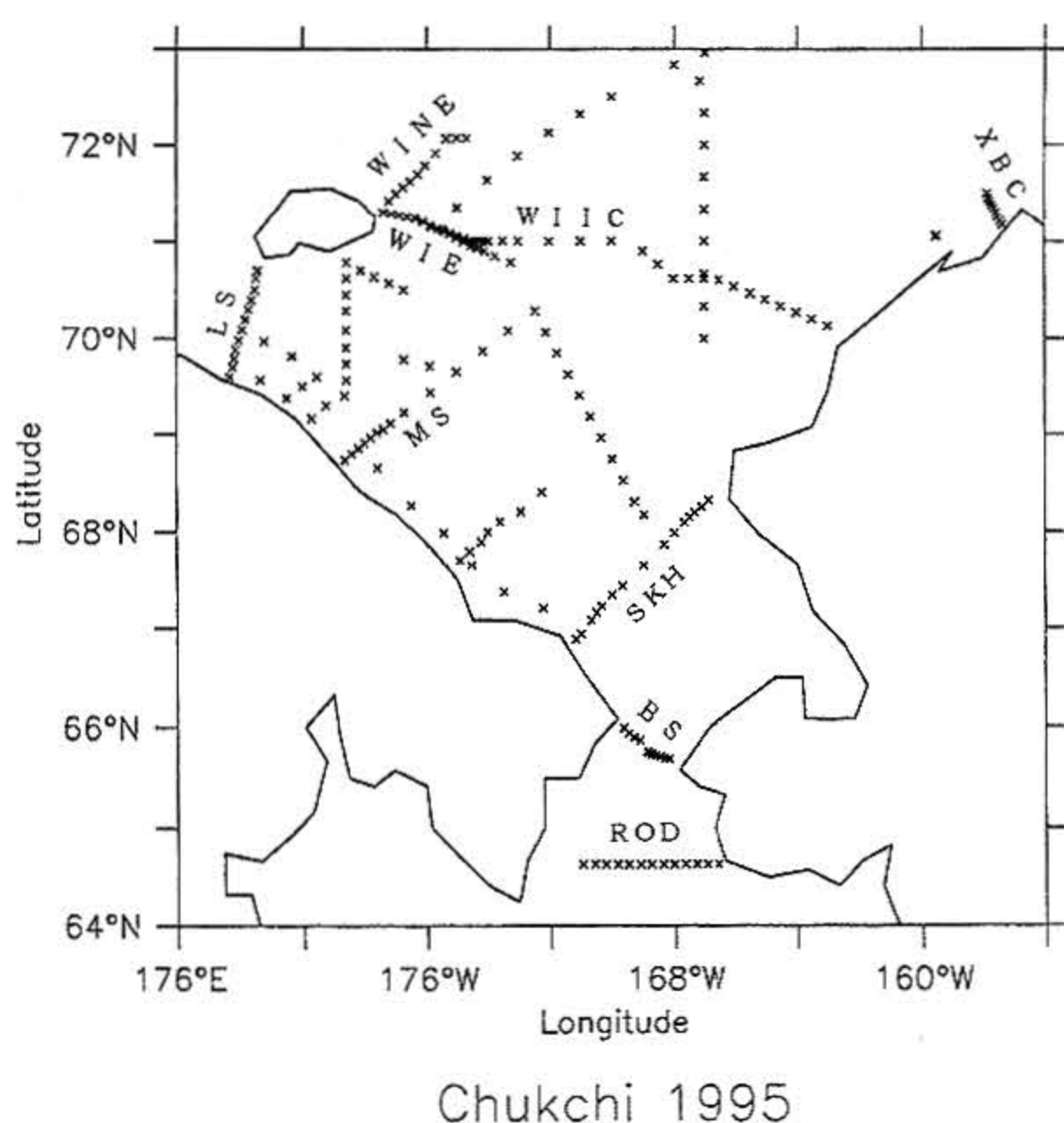


図2 1995年秋のチュクチ海観測におけるCTD観測測点。図中の英語名は、本文中で参照する測線の名前である

Fig. 2 CTD station map for the expedition in the Chukchi Sea in autumn, 1995. Names in this figure are referred as the observation line in this paper.

3. 観測結果

1995年9月に行った観測の結果からチュクチ海における海洋構造を示す。最初にチュクチ海全体のおおまかな様子について述べ、以降に海洋学的に興味をもたれている海域(ベーリング海峡・シベリア沿岸・ヘラルドバレー・バローキャニオン)について特記する。なお本報で用いている水系の名称については、第一章に記したWeingartner (1992)⁹⁾のものをを用いる。

3.1 概況

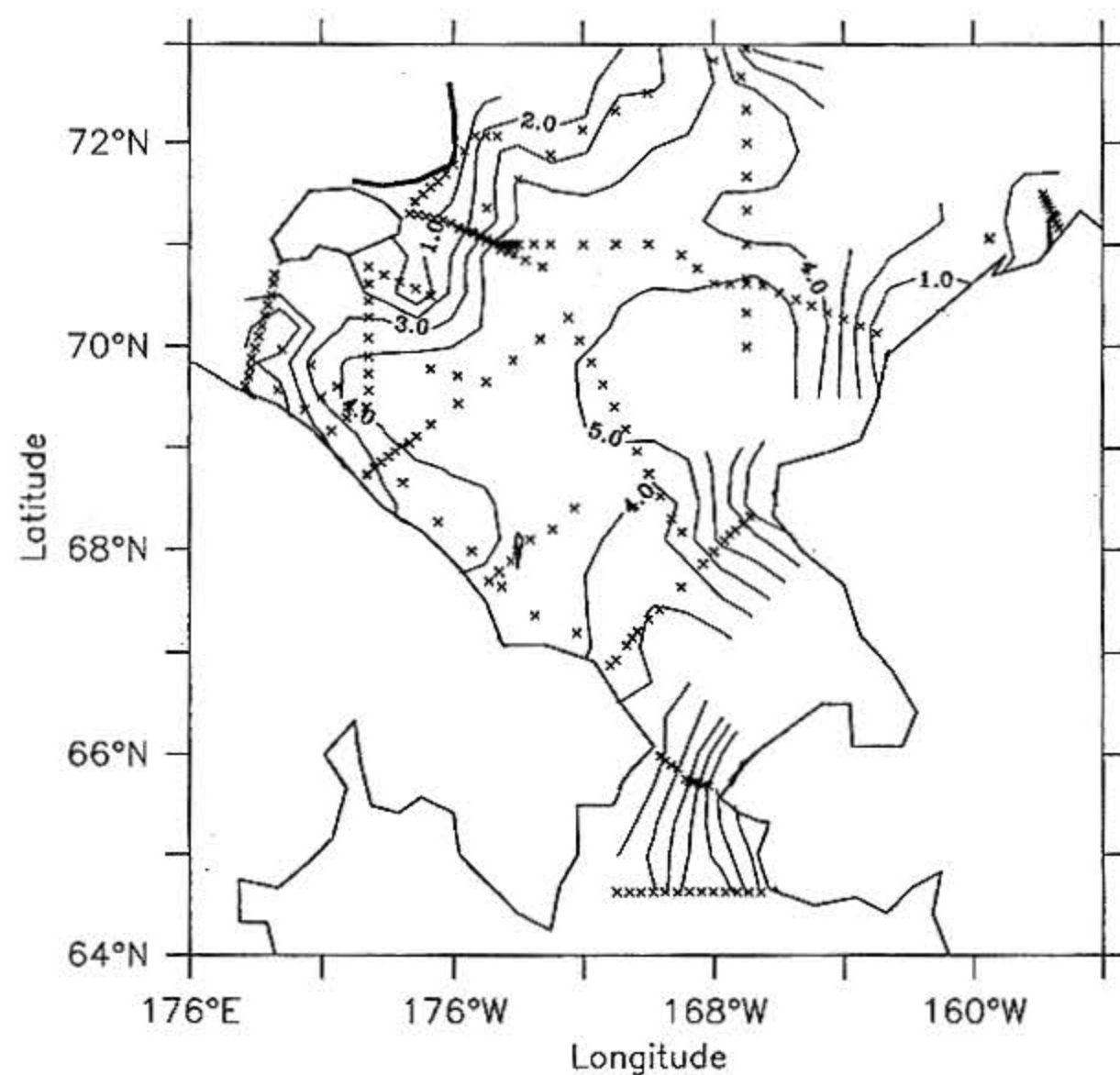
図3に10dbの等圧面における温度、塩分分布及び水深14mにおけるADCPによる流速分布を示す(浅いため変動が大きく、ある瞬間におけるチュクチ海全体の温度、塩分、流速の分布とは言い難いが、大まかな分布を見る限りにおいては問題ないと思われる)。最も特徴的なものは、ベーリング海峡から北向きに流れる流れで、Weingartner (1992)⁹⁾のレビューで示されたように、この流れはチュクチ海に入った後アラスカ沿岸流として北上するものと、北西方向に流れるものに分岐している。アラスカ沿岸沿いの流れはホープ岬沖で離岸して北及び北西方向に向きを変えヘラルドバレーにまで達している。温度、塩分分布と比較すると、ベーリング海峡以北の西経168度以東で、高温低塩のACWが、それ以西で低温高塩のBSWがみられ、特にBSWは西経175度の最大流速50cm/sに達する北向き流にのって北緯71度にまで達している。

シベリアとウランゲル島の間のロング海峡からシベリア沿岸沿いには南東向きのシベリア沿岸流が見られる。第4章で示すように1993年の観測時はシベリア沿岸流はレナ川などのシベリアの河川水を運んでいるが、本観測時は塩分の高い水を南東に運んでいる。ウランゲル島近傍には、その近くの海水から解けてできたと思われる低温低塩のIMWが存在しており、まわりの高塩分水と塩分フロントを形成している。

40db面の温度、塩分分布及び水深34mにおける流速分布(図4)を見ると流れの分布は表層(14m, 図3c)とあまり変わらないが、水系の分布はかなり様相が変わっていることがわかる。シベリア沿岸には塩分が32.8PSSを越え水温が2℃以下の固有水が存在している。一方、チュクチ海中央部には塩分は32.2PSSを越えるのでWeingartner (1992)⁹⁾による分類によればBSWに分類されるがシベリア沿岸のものに比べ塩分が低い海水が存在している。溶存酸素の分布もシベリア沿岸のものの方が低い(精度が良くないので図には示さない)。したがって性質は両者はよく似ていても、起源が異なっていると言え、シベリア沿

a)

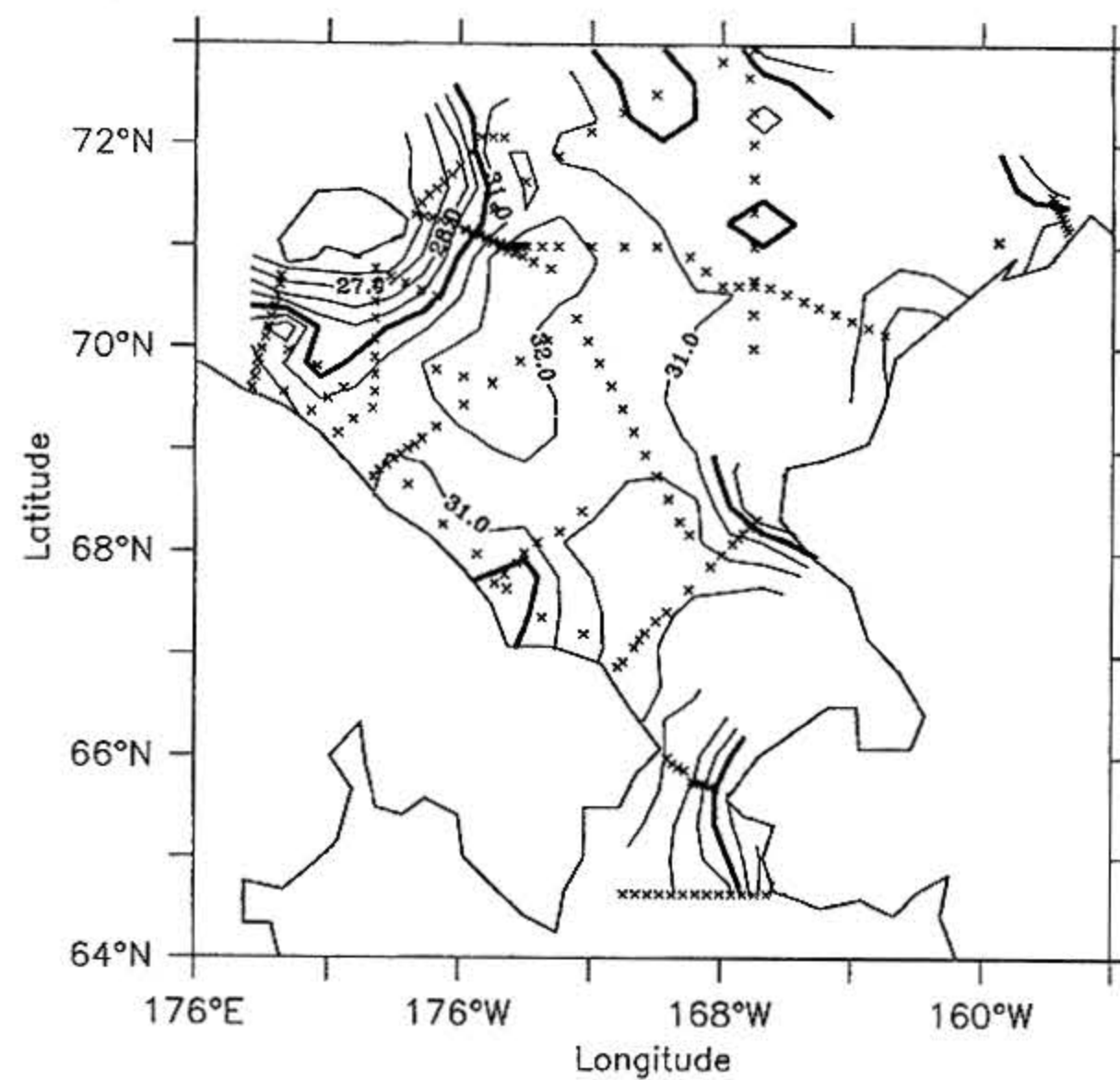
Temperature (deg C) on P = 10.0



CHUKCHI 1995

b)

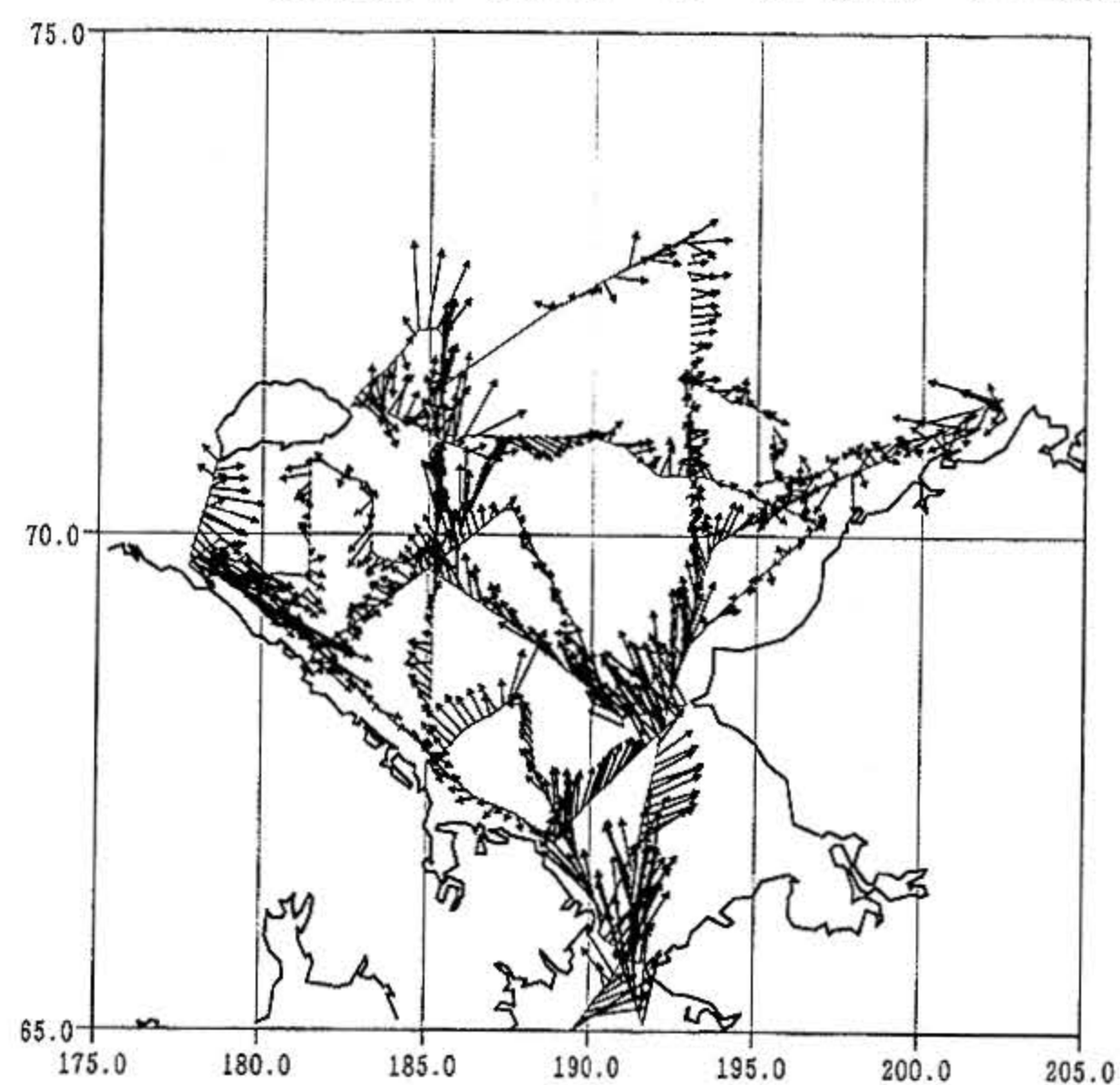
Salinity (PSS-78) on P = 10.0



CHUKCHI 1995

c)

HX190 ADCP & Track — 50[cm/s]



1995.9.10-1995.9.30

Depth 14[m]

図3 10dbの等圧面における, a) 温度, b) 塩分分布, c) 水深14mにおけるADCP流速ベクトル図

Fig.3 a) Temperature, b) Salinity distribution on the surface of pressure=10db, and c) ADCP-measured current at the depth of 14m.

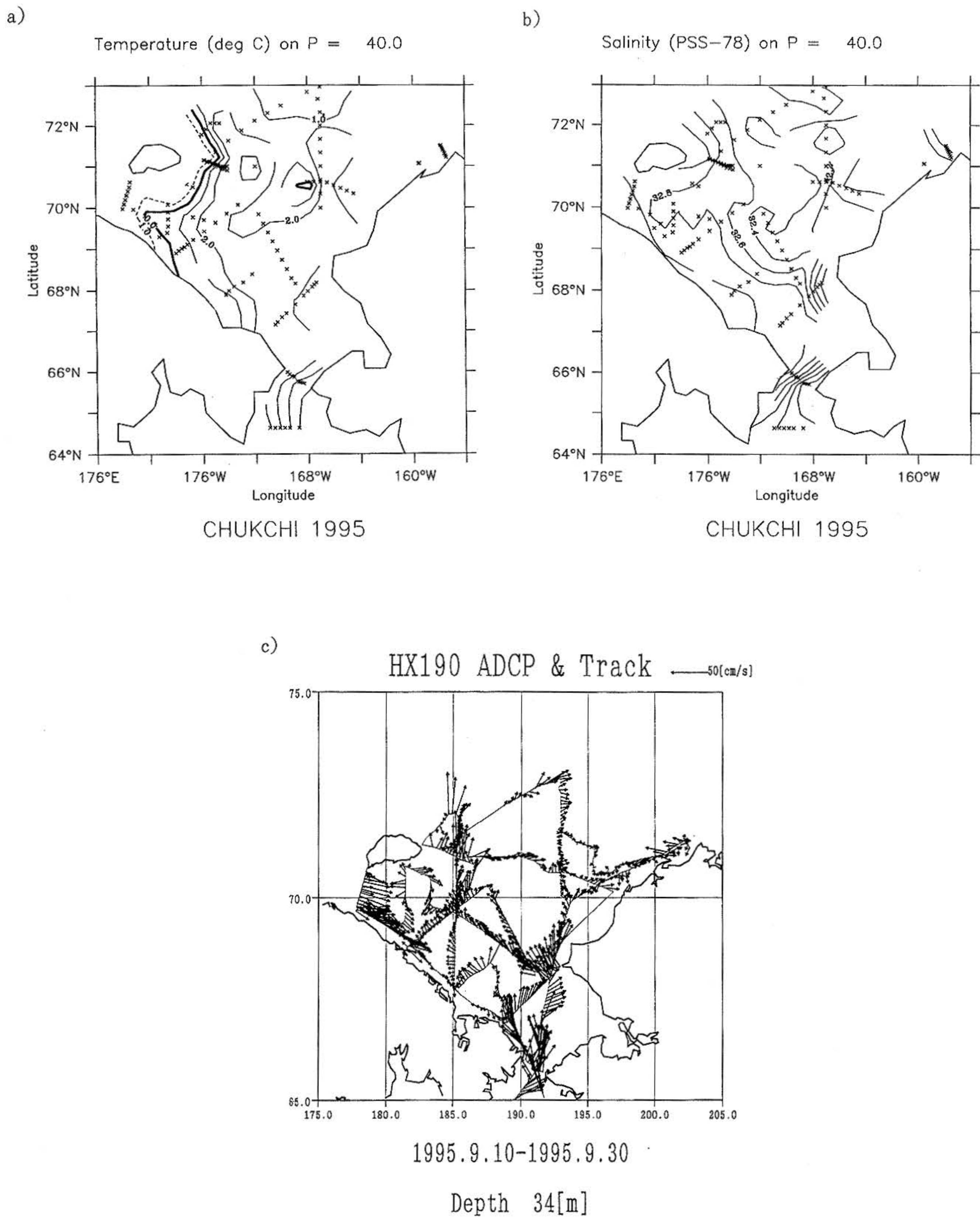


図4 40dbの等圧面における, a) 温度, b) 塩分分布, c) 水深34mにおけるADCP流速ベクトル図

Fig. 4 a) Temperature, b) Salinity distribution on the surface of pressure=40db, and c) ADCP-measured current at the depth of 34m.

岸のものはシベリア沿岸流によって東シベリア海以西から流れてきているものと考えられ(3.3節), チュクチ海中央部のものはチュクチ海起源のRCWであろう。

Coachman et al. (1975)⁹⁾ 及び Weingartner (1992)⁵⁾ によって示された海底付近のACWとRCWのフロントはアラスカ沿岸を観測しなかったため見つからなかった。

3.2 ベーリング海峡

ベーリング海峡における温度, 塩分, 流速断面 (BSライン, 9月29日観測) を図5に示す。西岸 (ロシア側) から60km以西では塩分が高く温度が低いBSWが, 東岸近くには塩分が最低28PSU以下で, 温度が5度を越える高温・低塩分水 (ACW) が見られる。これらの水は50cm/sを越える北向き流により, ベーリング海からチュクチ海に運ばれていることがわかる。成層は東岸近くを除いてほとんど見られず, バロトロピックな構造を示している。流れは海峡全体でベーリング海からチュクチ海方向を向いており, 海峡の東側で強く最大1m/sに達しているが西側では50cm/sと東側に比べ弱くなっている。海峡の西岸から30km以東で強い流速の水平シアが見られる。流量は1回目に海峡を横断したとき (9月8日) と2回目に横切ったとき (9月29日) で大きな差が見られそれぞれ1.8Sv, 0.84Svであった。この差の原因は1回目に横切った時の方が南東風が強いためと考えられる。

ベーリング海峡より南の測線であるRODラインや北のSKHラインでもその傾向は変わらない。例えば塩分の低いACWは東岸にトラップされて北上し少なくともSKHライン (東岸において北緯69度) にまで達している (図3)。

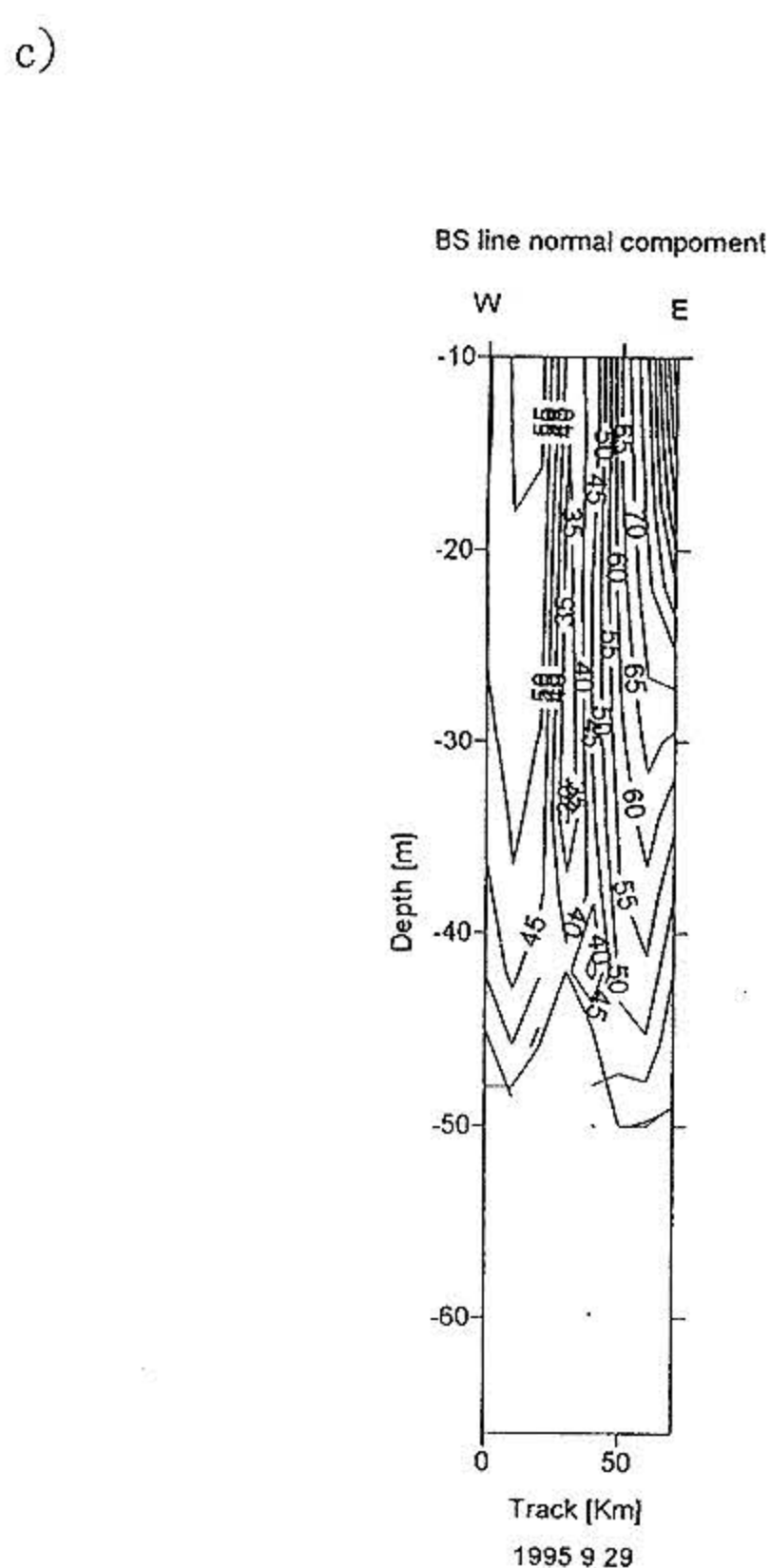
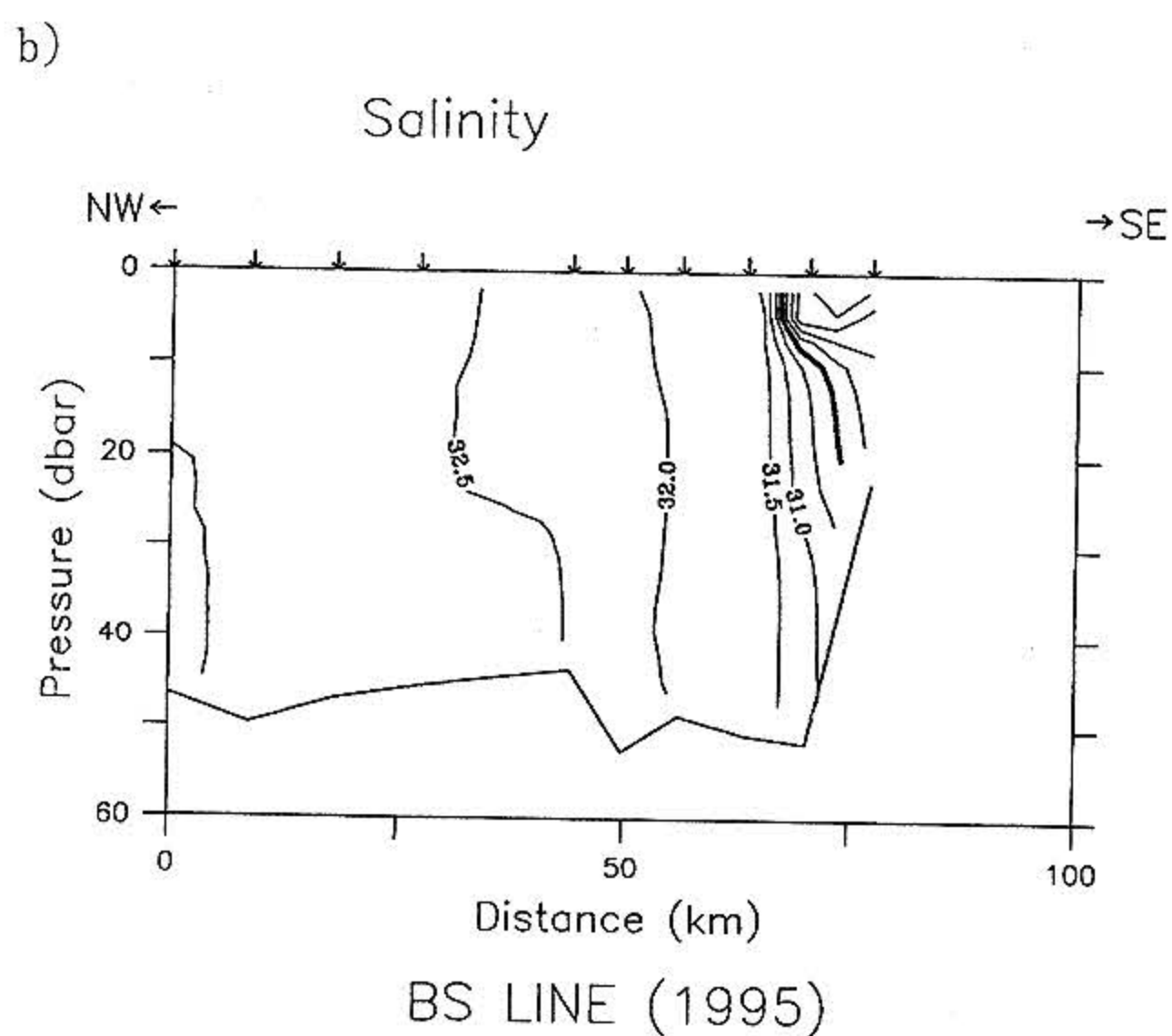
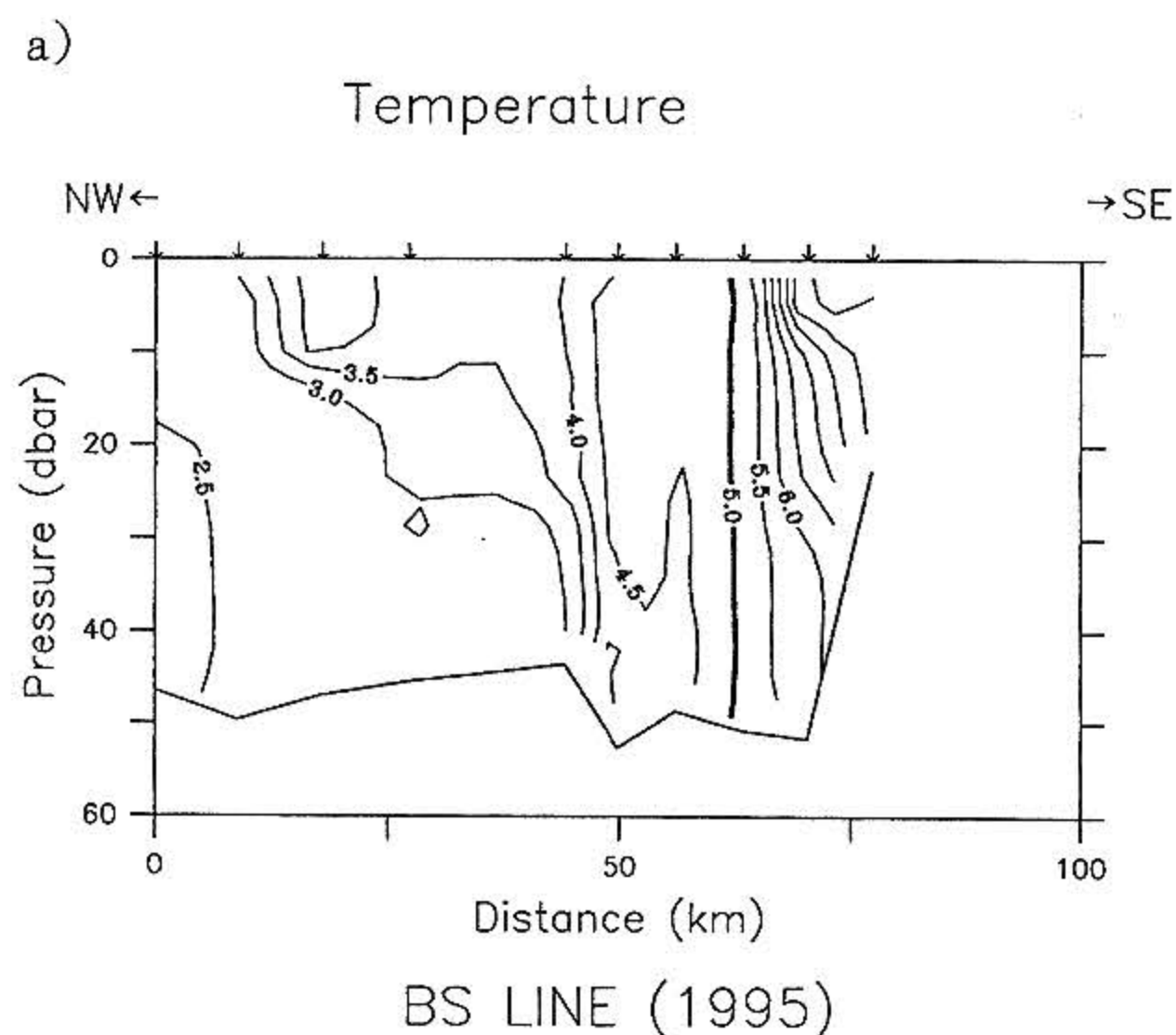


図5 ベーリング海峡 (BSライン) における, a) 温度, b) 塩分, c) ラインに垂直な成分のADCP流速断面。流速断面については, 負の値 (ハッチをしているところ) が紙面に対し手前方向 (チュクチ海からベーリング海向き) の流れを表している

Fig. 5 a) Temperature, b) Salinity and c) normal component of ADCP-measured current to the section along the Bering strait (BS line). Flow toward to the Bering Sea is hatched on the velocity section.

3.3 シベリア沿岸

図6にロング海峡の測線LSラインにおける温度、塩分、流速分布を示す。3.1に記したように、ウランゲル島近傍の表層(20dbより上)には塩分が30PSS以下のIMWが存在するほかは、塩分が32PSS以上の低温高塩分水が海峡のほとんどを占めている。IMWの存在する付近は温度が高塩分水のそれに比べ1~2°C高い。温度躍層が15~20m付近に見られるが、IMWの存在するウランゲル島近傍が特に強い。またシベリア沿岸近傍で湧昇と思われる等温線の左上りの構造が見られることが興味深い。なおこの湧昇のような構造はより南のMSラインでは顕著であった。

ADCPによる流速分布は海峡全体に南東向きのシベリア沿岸流が卓越しており、特にシベリア側の水深20~30mの間で流速が40cm/sを越えているジェットとなっている。流量はLSライン全体で1.3Svであった。この沿岸流は、LSラインから南東方向へジグザグに走った航路上の流速ベクトルから数十kmのスケールで蛇行している様子が見える(図7)。LSラインにおける温度、塩分、流速分布から、この蛇行は傾圧不安定というよりむしろ順圧不安定により起こっていると考えられる。なお、この沿岸流はベーリング海峡には届かずにバンカレム沖で消滅している。

精度が悪いので図には示さないが、溶存酸素の値はMSラインのものに比べLSラインのものの方が高い傾向を示している。すなわちLSラインの海水はMSラインのそれに比べ新しいものと考えられる。したがってLSラインにある低温高塩分水は、チュクチ海でできたものが風によりいったん東シベリア海に吹き寄せられて風が弱くなって沿岸流によって戻ってきたものではなく、東シベリア海以西を起源としているものであろう。

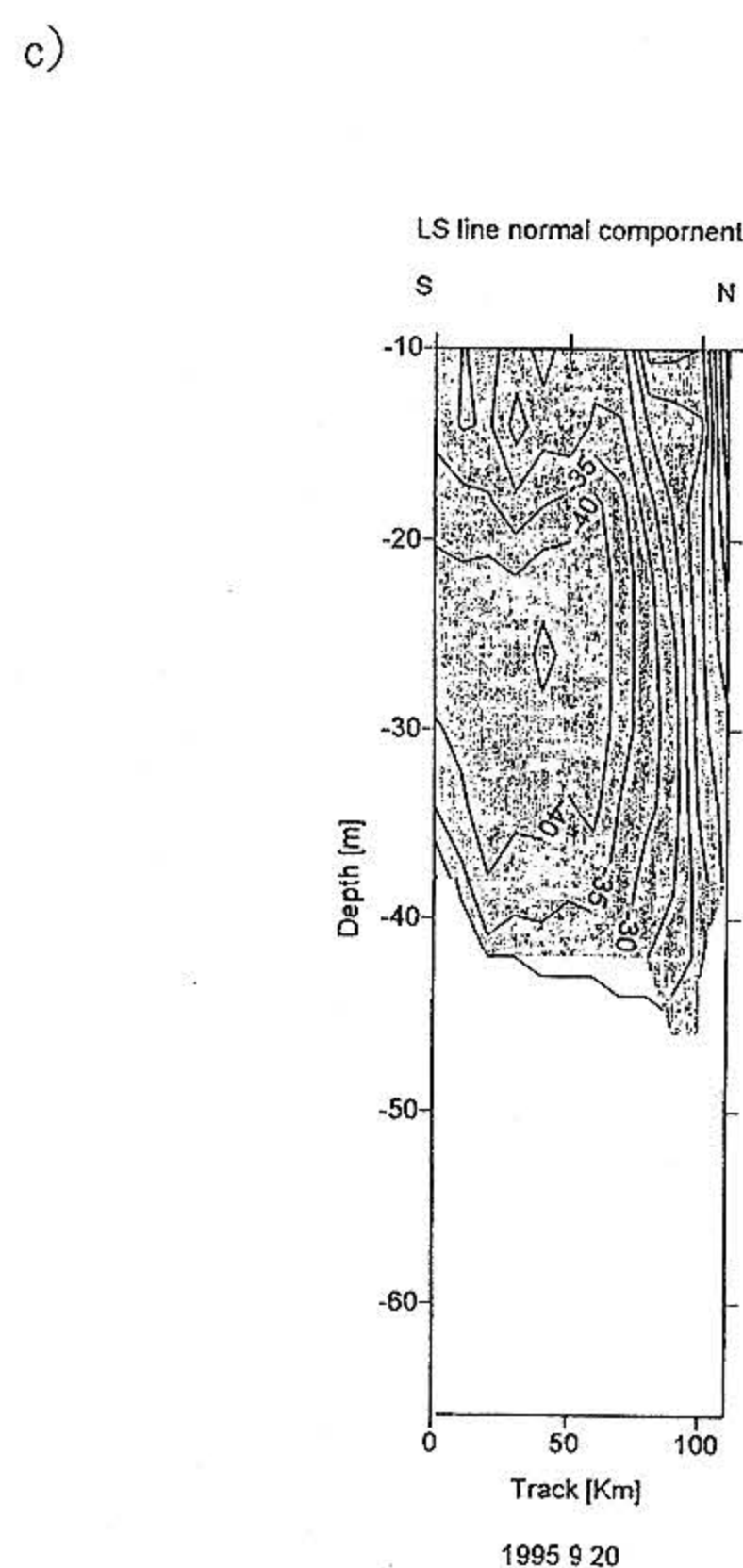
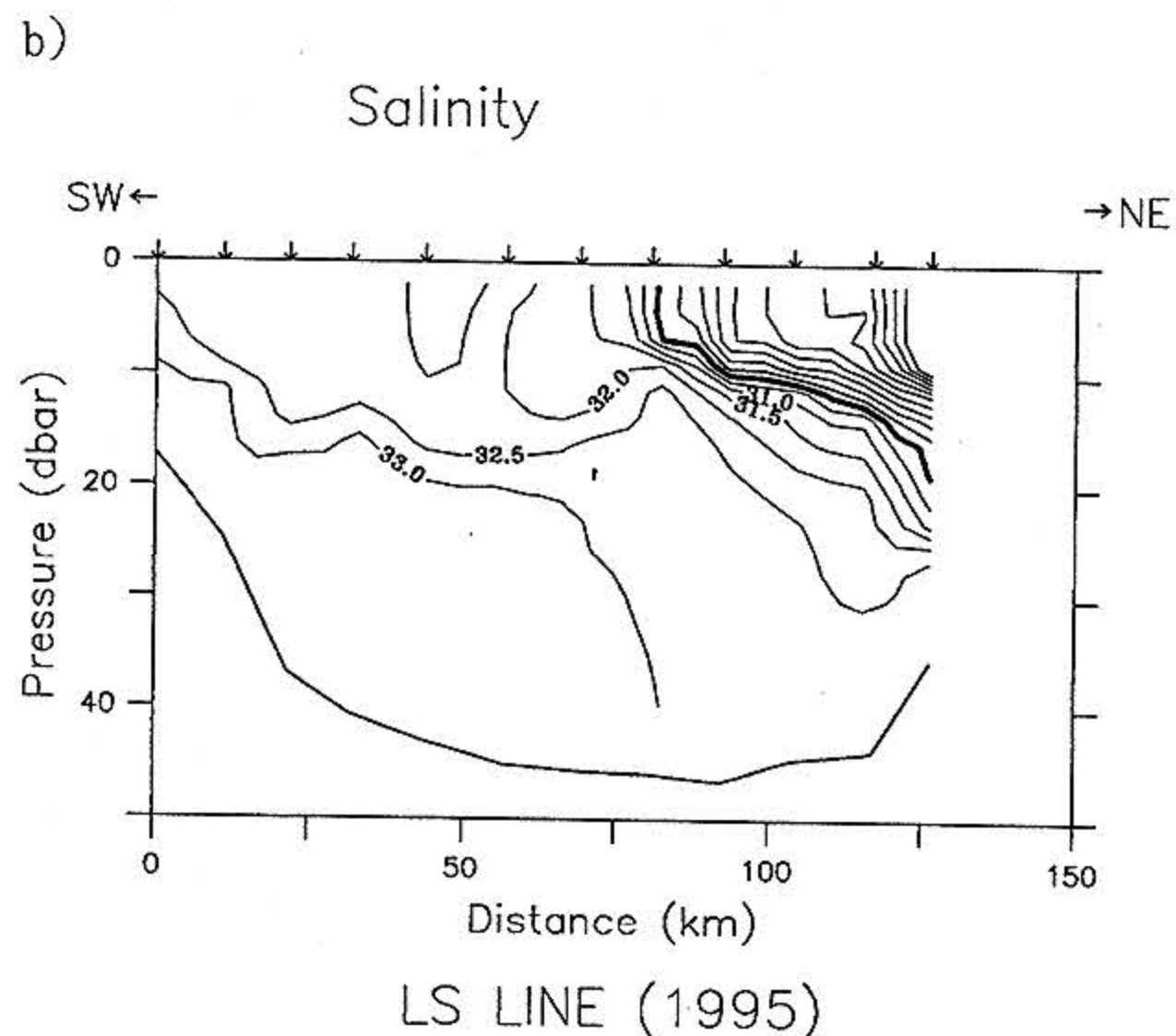
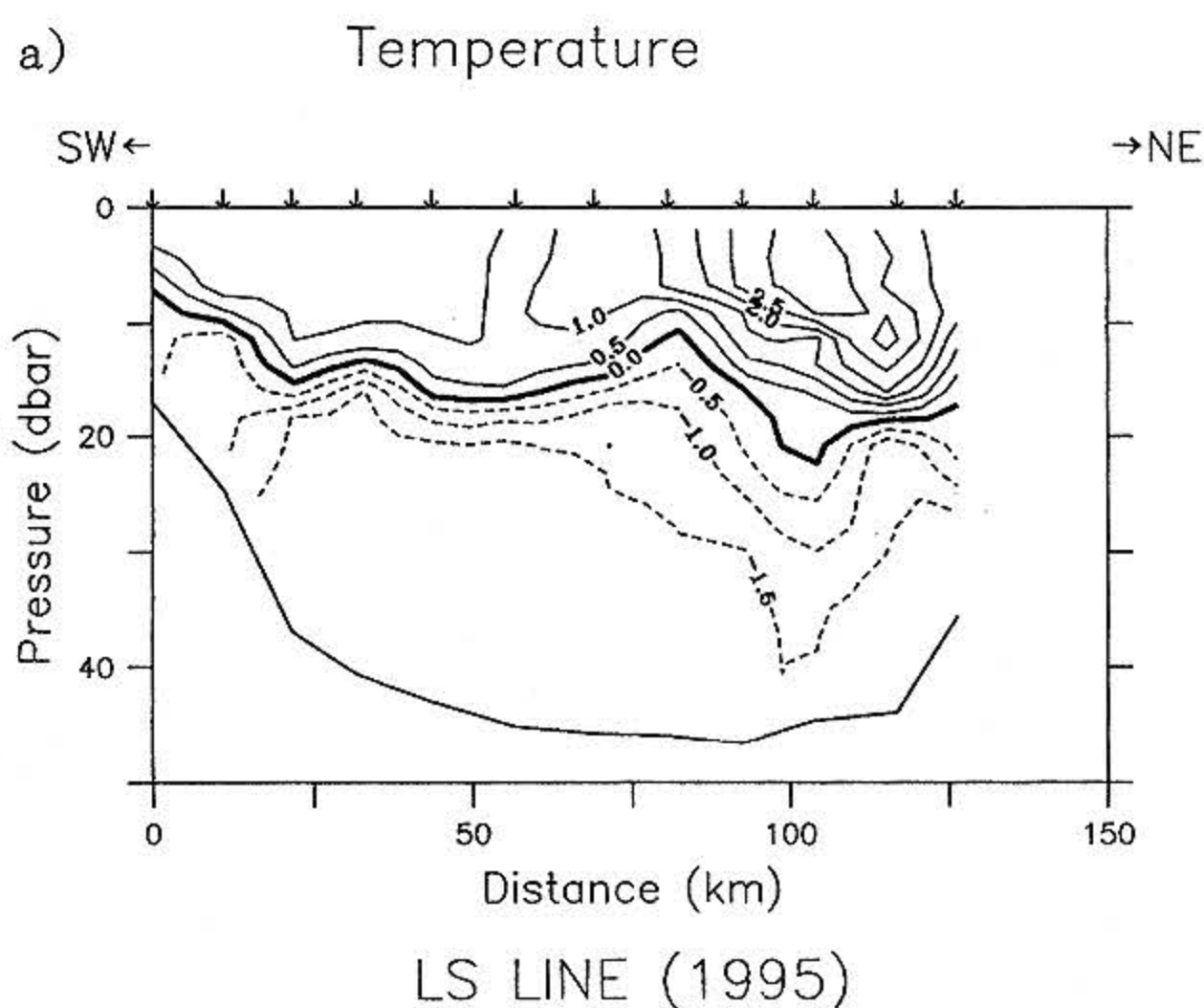


図6 ロング海峡 (LSライン) における, a) 温度, b) 塩分, c) ラインに垂直な成分のADCP流速断面。流速断面については、負の値(ハッチをしているところ)が紙面に対し手前方向(東南東向き)の流れを表している

Fig. 6 a) Temperature, b) Salinity and c) normal component of ADCP-measured current to the section along the Long strait (LS line). East-southeastward flow is hatched on the velocity section.

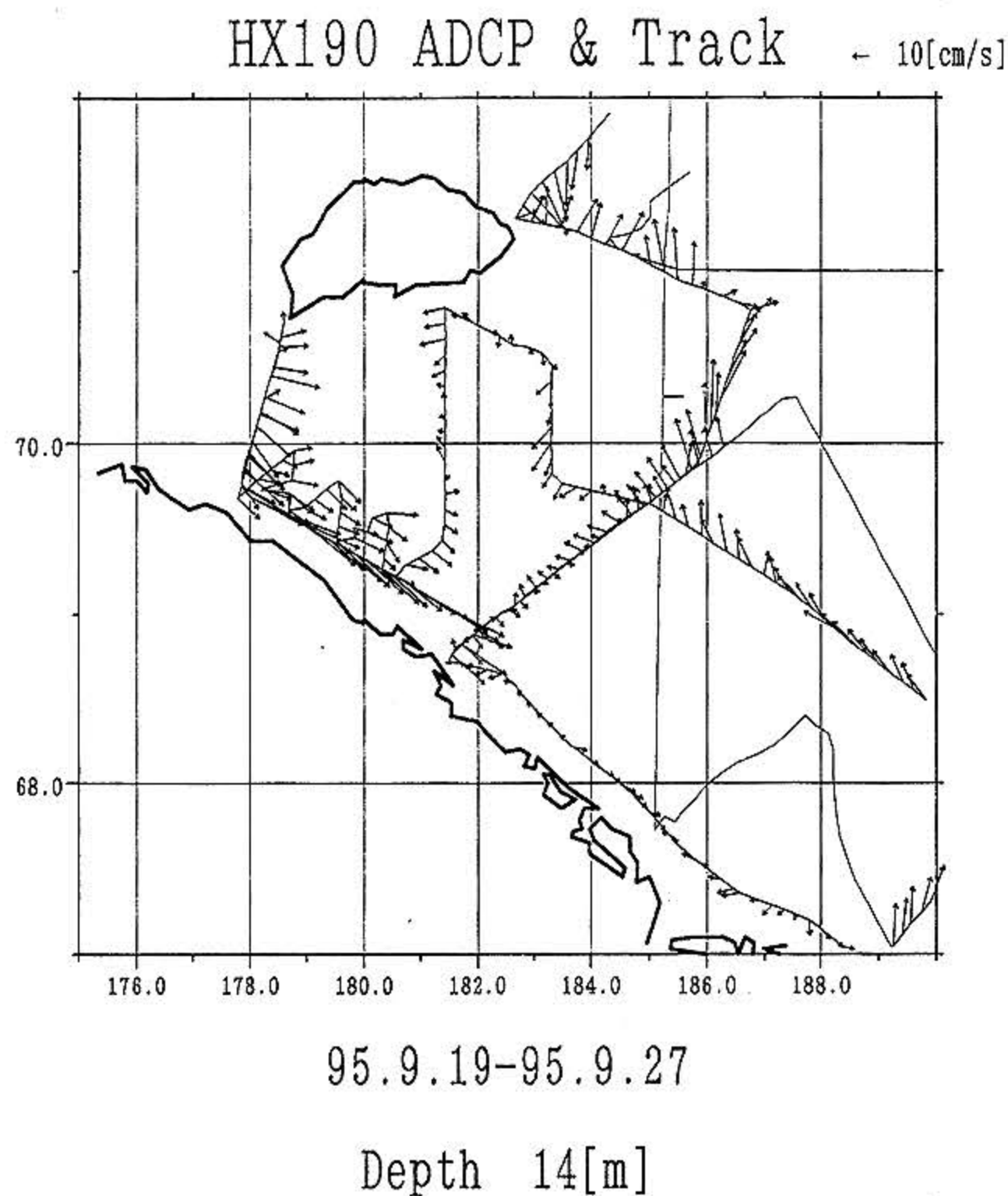


図7 シベリア沿岸付近の水深14mにおけるADCP流速ベクトル
Fig 7 ADCP-measured current at the depth of 14m around the Siberian coast.

3.4 ヘラルドバレー

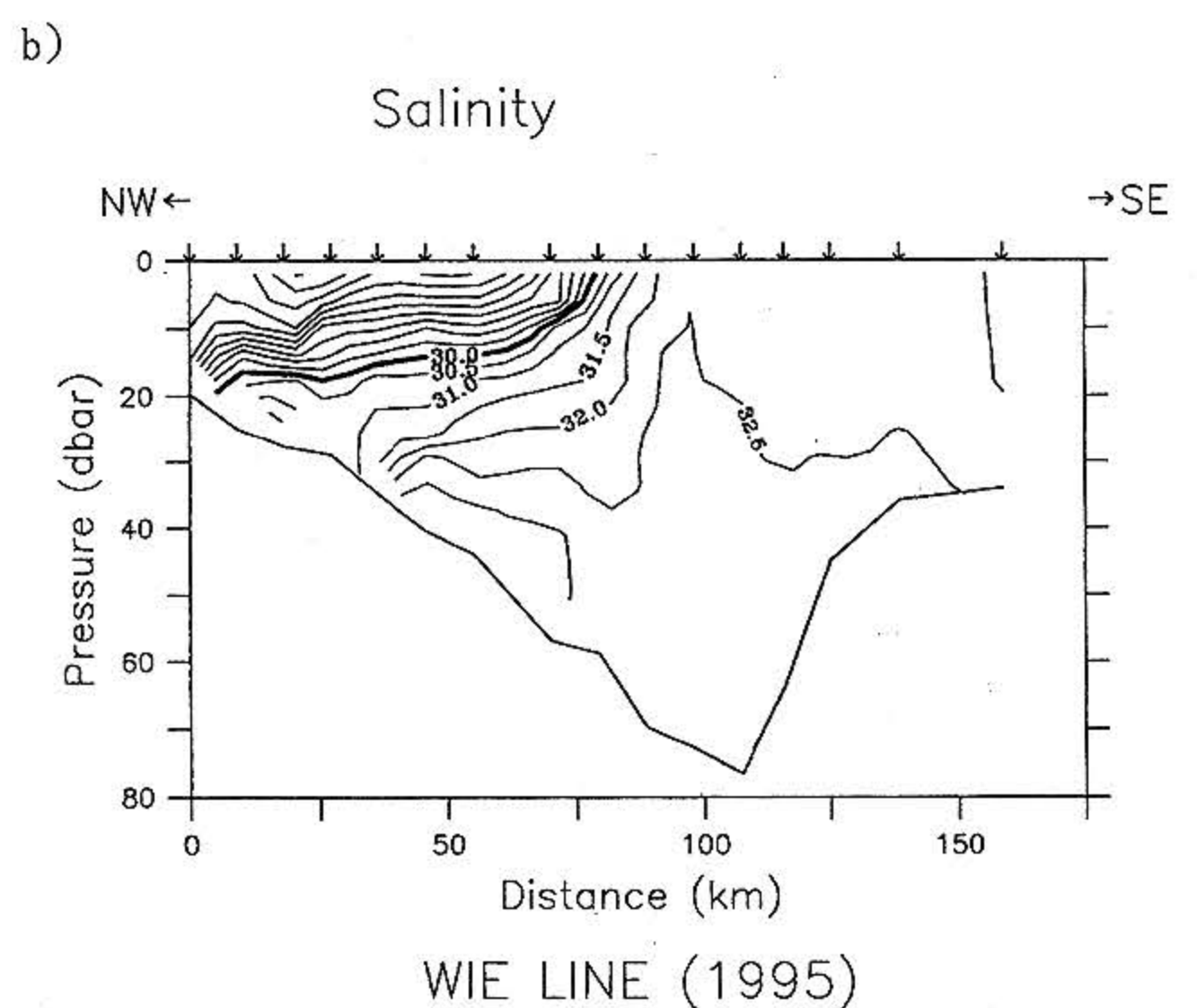
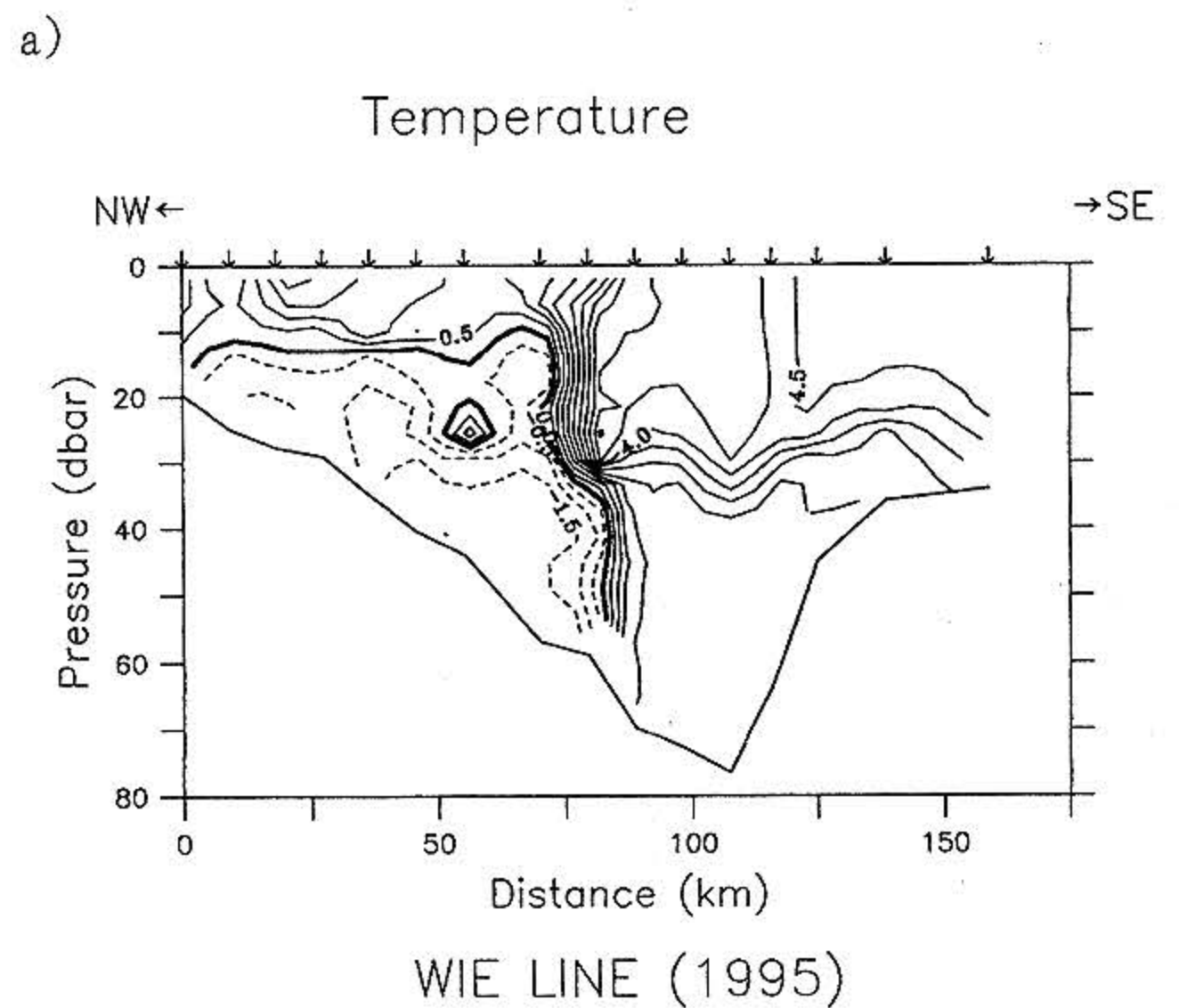
図8にWIEライン（ウランゲル島から東に向かうラインで、途中ヘラルドバレーを横切るライン）の温度、塩分、流速断面を示す。最も顕著な海洋構造は西端から80 kmのところに見られるシャープな温度フロントと、そのフロント以西の測点に見られる水深20m以浅の塩分躍層である。Weingartner (1992)⁵⁾の分類によれば、塩分躍層より上の低塩水はIMW, それより下及び距離80kmに見られる温度フロントより東の水深30m以深の低温高塩水はRCW, それより上の高温水はBSWである。

観測を行った時点では、海水はウランゲル島の近傍にあった。したがって、温度フロントより西側のIMW及びRCWはこの海水の氷縁域を起源としているものと考えられる。谷の西側に塩分が33PSUを越える海水は、チュクチ海において最も塩分が高くかつ重いもので、この海水はすぐそばの氷縁域に存在する海水から排出されるブラインが起源になっているのであろう。谷の中は、この結氷温度に近い低温高塩水と、谷の軸やや西側に存在す

る温度フロントの東側の温度が2.5°CのRCWで占められている。このような構造はヘラルドバレーを横切る他の測線（WIIC, WINE）でも見られた。

ADCP観測の結果は（図3, 4, 8c）谷に沿って最大流速40cm/sに達する北向き流の存在を示している。特に谷の東側の海底付近が最も流れが強くなっていることが興味深い。温度フロントの西側に存在する重い海水が谷の底に存在していないのは、この北向き流の存在に影響されているためと考え、流れ自体は海底地形に束縛されているので、結果的にフロントの位置が地形的なもので決まっているものと考えられる。

なお、ヘラルドバレーの底にはシベリア沿岸に存在するものと同程度の溶存酸素の低い海水が存在している。



c)

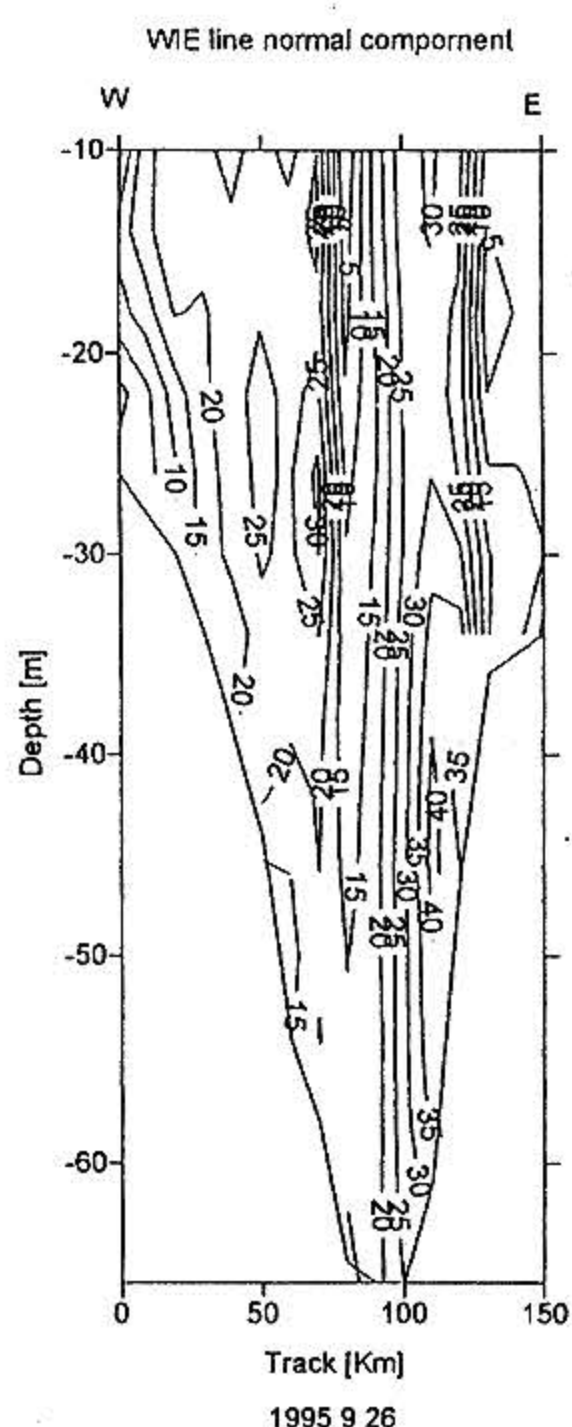


図8 WIEラインにおける、a) 温度、b) 塩分、c) ラインに垂直な成分のADCP流速断面。流速断面については、負の値（ハッチをしているところ）が紙面に対し手前方向（南向き）の流れを表している

Fig 8 a) Temperature, b) Salinity and c) normal component of ADCP-measured current to the section along the WIE line. Southeastward flow is hatched on the velocity section.

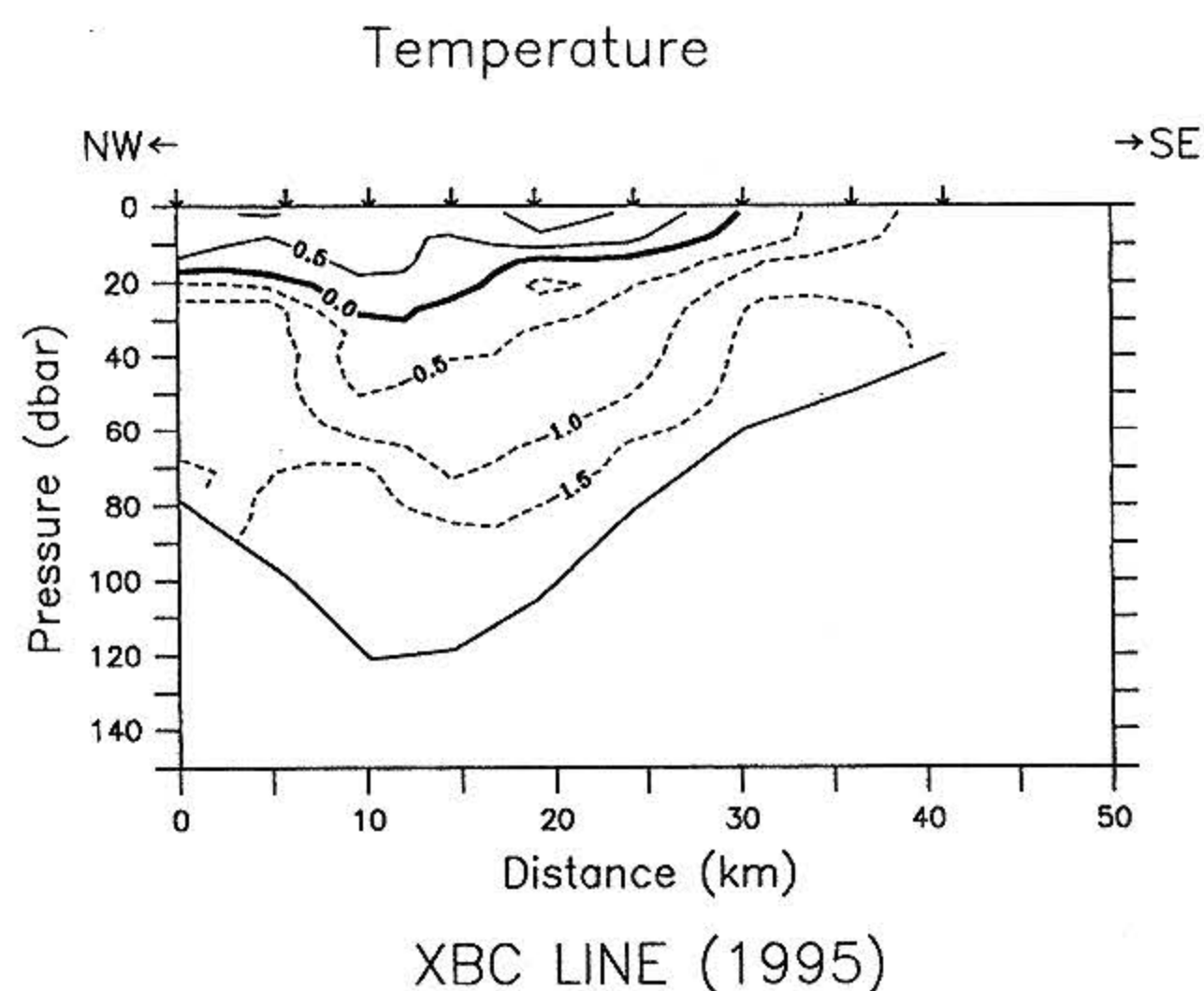
3.5 バローキャニオン

図9に、バローキャニオンを横切る測線XBCにおける温度、塩分、流速断面を示す。この測線を観測したのは9月11日のことであるが、このときはかなり近くまで海水が迫っていた。

その状況を反映して、谷は温度が低く塩分が高いRCWでほとんどを占められており、特に底近くは結氷温度に近いほどの低温であった。水深20m以浅は塩分が30PSSを下回る低塩分のIMWが存在している。アラスカ沿岸流が運ぶ高温低塩分水は見られない。

流れについては、谷の中央より西側の一部に谷を下る方向の流れが見られるほかは、ほとんどが谷を上る方向に流れている。すなわちアラスカ沿岸流による陸棚域→海盆域方向の流れは見られず、この谷をさかのぼる流れにより近くの氷域で形成されたと思われるRCWとIMWが流れてきたと思われる。

a)



b)

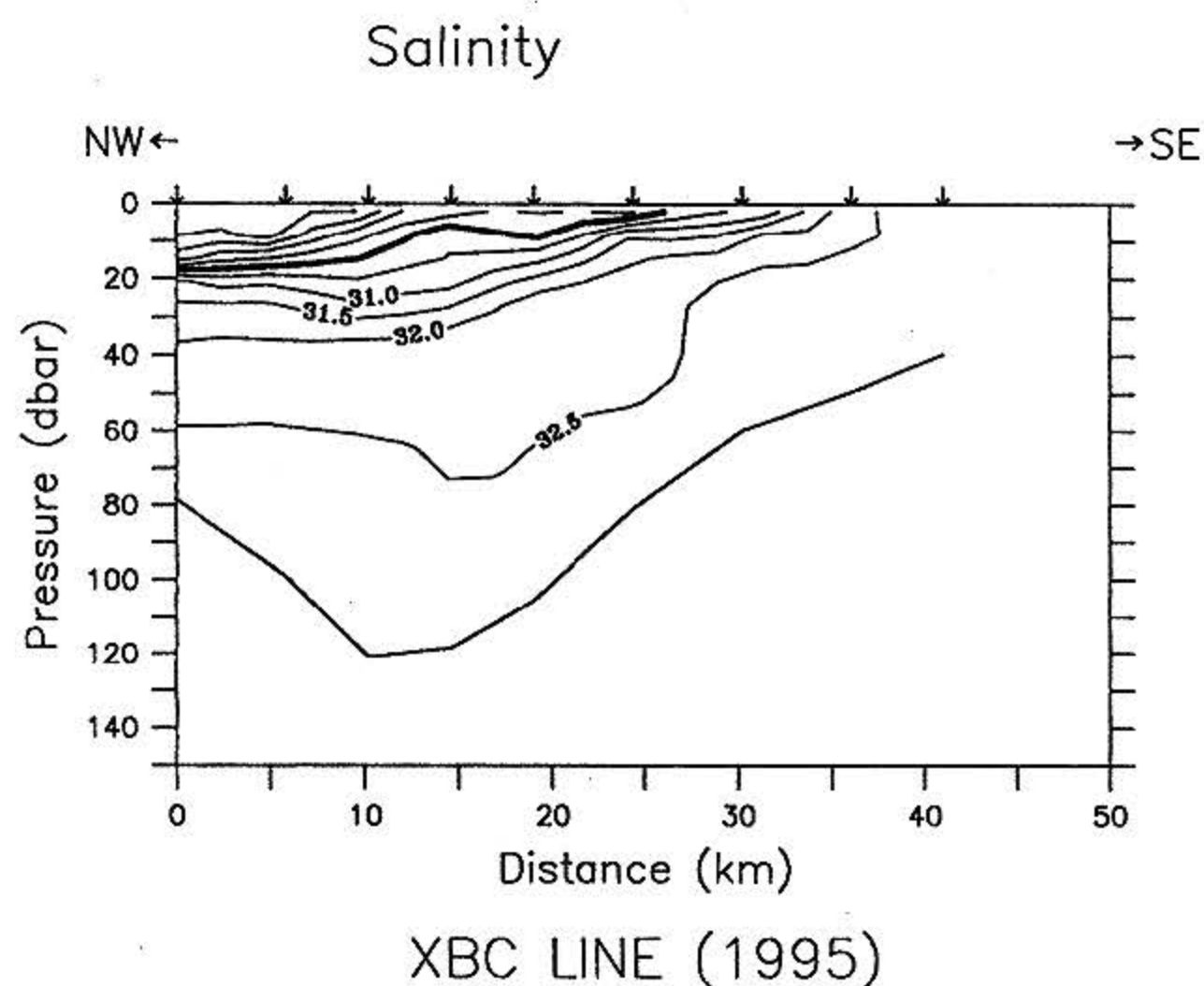


図9 バローキャニオン（XBCライン）における、a) 温度、b) 塩分、c) ラインに垂直な成分のADCP流速断面。流速断面については、負の値（ハッチをしているところ）が紙面に対し手前方向（西向き、すなわち谷を上る方向）の流れを表している

Fig. 9 a) Temperature, b) Salinity and c) normal component of ADCP-measured current to the section along the Barrow Canyon (XBC line). Westward flow is hatched on the velocity section.

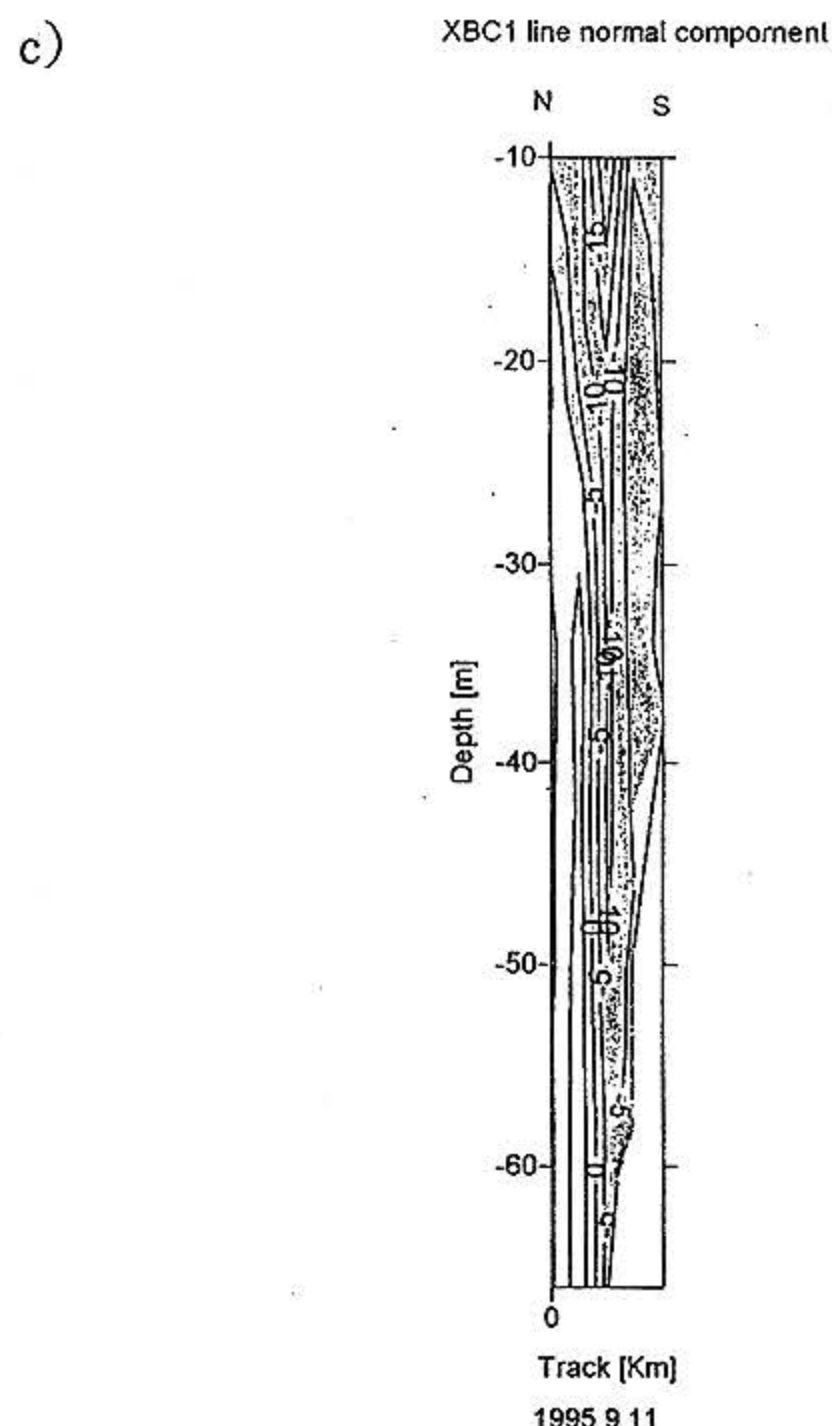


図9 (続き)
Fig. 9 (Continued)

4. 考 察

本観測の結果から1995年秋におけるチュクチ海のおもな循環像が得られた。すなわち、ベーリング海峡からチュクチ海に入った比較的暖かいACW/BSWは、北西方向に向かうものとアラスカ沿岸流として北上するものに分かれ、後者はホープ岬沖で離岸してヘラルドバレーにまで達していた。また、シベリア沿岸には東シベリア海以西を起源としている低温高塩分水を南東に運ぶ沿岸流が存在していた。

1993年の観測結果との大きな違いは、シベリア沿岸流が運ぶ海水の性質が全く異なっていることである(図10に1993年の観測時における10db面の温度、塩分分布及び水深14mにおけるADCP流速分布を示す)。1993年は沿岸流は河川水と思われる低塩分水を南東に運んでいた。ところが1995年では、東シベリア海以西を起源とすると思われる低温高塩分水を南東に運んでいた。流れの強さも1993年の方が特に下流側(ベーリング海峡付近)で強く、ベーリング海峡にまで達していた。この違いを説明するために、シベリア沿岸流のメカニズムを考える。Weingartner et al. (1996)⁹⁾によると、シベリア沿岸流を弱めるものは次の三つである。

- ① 北西方向の風
- ② 傾圧不安定による、流れに垂直な方向の密度勾配の解消
- ③ 太平洋とチュクチ海間の水位差

Weingartner et al. (1996)⁹⁾によると1993年と1995年の違いは観測時の風向きの違いで説明できる。すなわち、1995年の9月の月平均の風向は北から時計回りで260度(すなわち西南西)であるのに対し、1994年以前の9月のそれは100度~150度(東南東~南南東)であった(Weingartner et al. (1996)⁹⁾)。したがって1994年以前は風によってシベリア沿岸流は加速されるセンスにあるのに対し1995年には減速されるセンスになっている。しかしながら、これだけでは沿岸流が運ぶ水系の違いを説明できない。東シベリア海以西を観測していないので想像の域を出ないが、東シベリア海以西における海水の分布が1995年とそれ以前で異なっていること、シベリアにおける河川水の流量に差があること等の原因が考えられる。

1993年は1995年に比べチュクチ海全体で、水温、塩分共に低い傾向がみられる。特に西経172度より西側でその傾向ははっきりしている。これはベーリング海からBSWを運ぶアラスカ沿岸流が、1993年にはアラスカ沿岸からほとんど離岸していないためであろう。すなわち1995年にはアラスカ沿岸流がホープ岬沖で離岸して北及び北西方向に向きを変えているのに対し、1993年には離岸せずにバローキャニオンに流れ込んでいる(バローキャニオンには5度を越える高温の海水が流速50cm/sを越える流れにより北東方向に運ばれているのが観測されている)。

この違いはシベリア沿岸流の強さ・運ぶ水系の違いと連動しているのではないかと考えている。たとえば、1993年にはシベリア沿岸流を加速しているとされている風の南東成分により、アラスカ沿岸流も影響されてホープ岬沖で離岸せずにそのまま岸に接岸しているものと考えることができる。この場合チュクチ海北西部へのBSWの供給がなくなって結局このような温度・塩分分布になったのであろう。またチュクチ海とベーリング海の水位差の違いも原因と考えられる。すなわち、シベリア沿岸流がベーリング海峡近くにおいても減速されてない1993年に水位差が小さいと考えれば、それによりベーリング海峡からのBSWの流入が小さくなっているとも考えることができる。この点についてはベーリング海峡にアラスカ大学が係留系を展開しているのでそのデータを調べれば確かめることができると思われるがこれについては今後の課題としたい。

チュクチ海のおおまかな循環像及び水系の分布は先に述べたとおりであるが、以上の議論から、結局ローカルな影響(チュクチ海で吹く風やベーリング海峡における水位差、チュクチ海における海水の分布等)でかなりの部分が決まっているのではないかと考えられる。

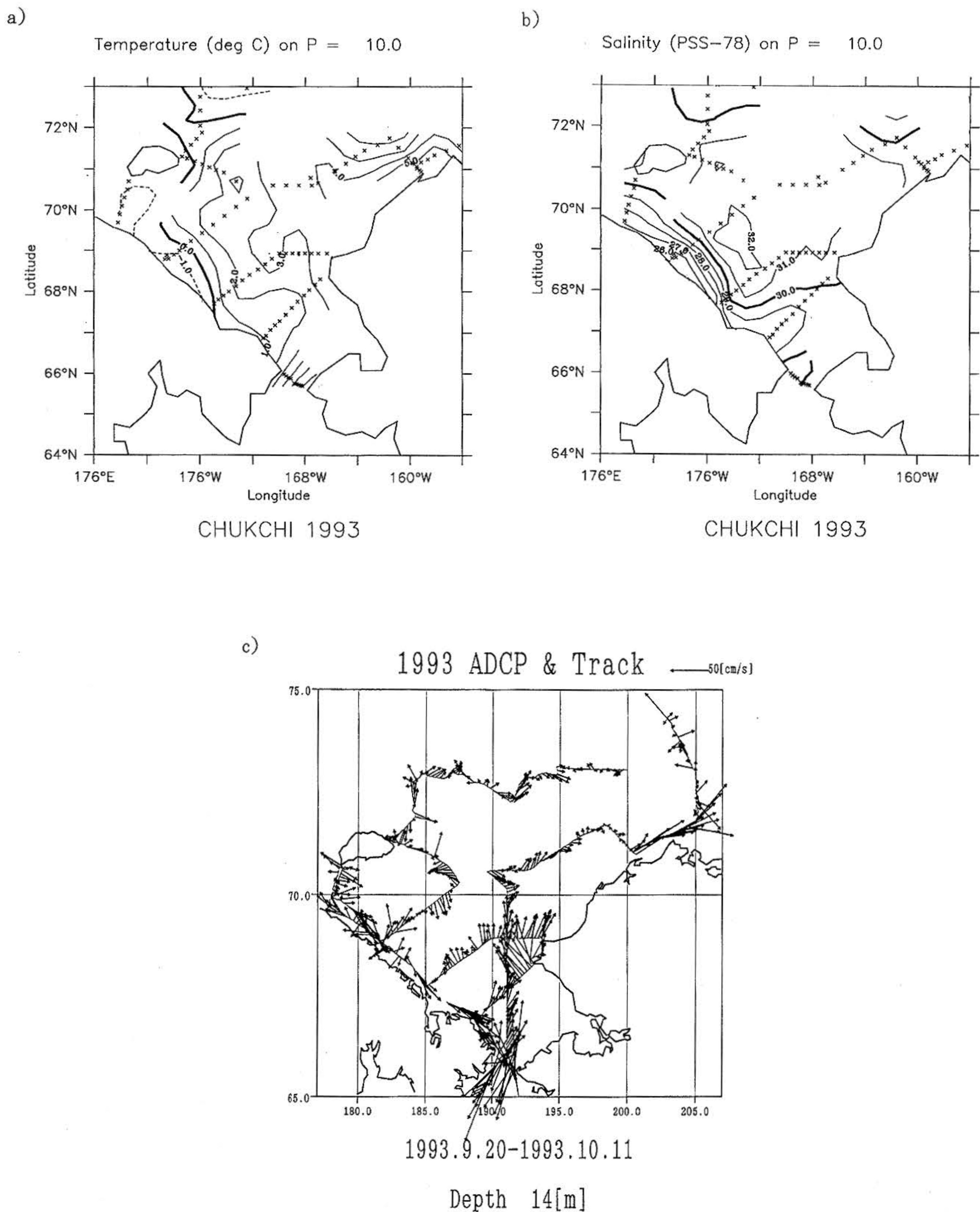


図10 1993年秋の観測時の10dbの等圧面における, a) 温度, b) 塩分分布, c) 水深14mにおけるADCP流速ベクトル図
 Fig.10 a) Temperature, b) Salinity distribution on the surface of pressure=10db, and c) ADCP-measured current at the depth of 14m during the cruise on autumn, 1993.

5. まとめ

1995年9月～10月にかけて、プロジェクト研究「北極海域総合観測研究」の一環としてアラスカ大学とロシア北極南極研究所と共同で、チュクチ海において海洋観測・気象観測を実施した。それによると次のような結果が得られた。

- ① ベーリング海峡からBSWとACWがチュクチ海に流れ込んでおり、一部は北西方向に、残りはアラスカ沿岸流として北上し、ホープ岬沖で離岸して北か北西方向に向きを変えている。
- ② BSWはヘラルドバレーにまで達しており、そこでは流速40cm/sに達する流れによりさらに北に運ばれている。またヘラルドバレーではウランゲル島近傍の氷縁域を起源とすると思われるRCWとIMWも同時に存在し、RCWとBSWの間に顕著なフロント構造が見られた。
- ③ シベリア沿岸沿いには、流速が最大40cm/sに達する南東向きのシベリア沿岸流が観測された。この流れは東シベリア海以西を起源としていると思われる低温高塩分水を運んでいた。

以上の結果は、1993年秋の観測時に比べ、次の点が異なっていた。

- ① ACW/BSWをベーリング海からチュクチ海に運び込むアラスカ沿岸流は、1993年はバローキャニオンに達していたが、1995年にはホープ岬沖で離岸して、ヘラルドバレーにまでBSWを運んでいる。
- ② シベリア沿岸流は1993年に比べ弱く、運ぶ海水も1993年に見られたような低塩分の河川水ではなかった。

上記の違いは海上風の風向等の違いにより生じていると思われる。

謝 辞

本観測を行うに当たって協力して下さったアルファヘリックス号の乗組員の皆様、アラスカ大学・ロシア北極南極研究所の研究者及び技術者の皆様、海洋科学技術センター海洋観測研究部の山本浩文氏、国際気象海洋株式会社の鈴木彰氏、日本海洋事業株式会社の藤崎正行氏に

感謝します。

参考文献

- 1) 滝沢隆俊: 凍る海 (1) 海水の大気・海洋の相互作用での位置づけ. JAMSTEC, 5, (2), 51-60 (1993)
- 2) Broecker, W.: The great ocean conveyor. Oceanography, 4, 79-89, (1991)
- 3) Aagaard, K. and E.C. Carmack: The role of sea ice and other fresh water in the arctic circulation. J. Geophys. Res., 94, 14485-14498, (1989)
- 4) Roach, A. T., K. Aagaard, C. H. Pease, S. A. Salo, T. Weingartner, V. Pavlov, and M. Kulakov: Direct measurements of transport and water properties through the Bering Strait. J. Geophys. Res., 100, 18443-18457, (1995)
- 5) Weingartner, T.: The physical oceanography of the northeast Chukchi Sea: a review. unpublished, (1992)
- 6) 三寺史夫, 畠山 清, 柏野祐二, 佐々木保徳, T. Weingartner, V. Pavlov: バローキャニオンにおける流速観測, 海洋科学技術センター試験研究報告, 33, 93-109, (1996)
- 7) Aagaard, K., and A. T. Roach: Arctic Ocean-shelf exchange: Measurements in Barrow Canyon. J. Geophys. Res., 95, 18163-18175, (1990)
- 8) Weingartner, T., Y. Kashino, Y. Sasaki, H. Mitsudera, V. Pavlov, M. Kulakov, J. Grebmeier, L. Cooper, A. Roach: The Siberian Coastal Current: Multilayer observation from the Chukchi Sea. American Geophysical Union 1996 Ocean Science Meeting, San Diego, (1996)
- 9) Coachman, L. K., K. Aagaard and R. B. Tripp: Bering Strait: The Regional Physical Oceanography. 172pp., University of Washington Press, Seattle, (1975)

(原稿受理: 1996年7月29日)